



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - POSGRAP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM ASSOCIAÇÃO PLENA EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE



DIEGO ARAUJO OLIVEIRA SILVA

VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NA SUB-BACIA DO RIO
JACARÉ, SERGIPE

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2019

DIEGO ARAUJO OLIVEIRA SILVA

**VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NA SUB-BACIA DO RIO
JACARÉ, SERGIPE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

Orientador: Dr. Milton Marques
Fernandes

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S586v	<p>Silva, Diego Araujo Oliveira</p> <p>Valoração dos serviços ecossistêmicos na sub-bacia do rio Jacaré, Sergipe / Diego Araujo Oliveira Silva ; orientador: Milton Marques Fernandes. – São Cristóvão, SE, 2019. 45 f. : il.</p> <p>Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.</p> <p>1. Meio ambiente. 2. Solos - Manejo. 3. Ecossistemas. 4. Bacias hidrográficas. 5. Valor (Economia). 6. Sergipe. I. Fernandes, Milton Marques, orient. II. Título.</p> <p>CDU: 502:631.47(813.7)</p>
-------	--

DIEGO ARAUJO OLIVEIRA SILVA

**VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NA SUB-
BACIA DO RIO JACARÉ, SERGIPE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 31 de maio de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Dr. Milton Marques Fernandes
Universidade Federal de Sergipe
Orientador



Dr. Bruno Gomes Cunha
Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
Examinador Externo



Dra. Márcia Rodrigues de Moura Fernandes
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe
Examinadora Externa

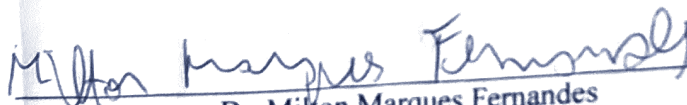
São Cristóvão/SE
Maio, 2019

DECLARAÇÃO DE VERSÃO FINAL

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Diego Araujo Oliveira Silva
Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)
Universidade Federal de Sergipe (UFS)



Dr. Milton Marques Fernandes
Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)
Universidade Federal de Sergipe (UFS)

*Dedico este trabalho a minha Mãe e a
minha Esposa, Joana e Sarah; As
mulheres de minha vida todo meu carinho
e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Como é de costume, gostaria de agradecer a todas aquelas pessoas que contribuíram de alguma maneira para a concretização deste trabalho, que me apoiaram durante todo o período do curso de mestrado, sem as quais o caminho certamente seria muito mais difícil e menos prazeroso. Momento de reviver memórias e demonstrar gratidão aos familiares, amigos, professores e colaboradores que passaram por todas as etapas desta pesquisa.

Antes de nominar individualmente pessoas, quero agradecer ao Deus em que acredito, que é o de amor, de paz, de sabedoria, de união, por sempre guiar meus passos e proporcionar momentos de boas escolhas, nem sempre fáceis, mas que me oportunizam a realização dos sonhos de criança que jamais imaginei vivenciar um dia. Sempre optei pelo caminho do conhecimento, da razão, da discordância do senso comum, e por pensar diferente muitas vezes fui mal interpretado, mas nunca me desviei daquilo em que acredito, e diante das conquistas alcançadas eu só posso entender que sempre estive correto ao seu respeito e por isso sou imensamente agradecido.

A minha família, que é estrutura resistente, que sempre buscou entender as minhas escolhas e para alguns suportaram e ainda suportam a privação de minha companhia, por tantos anos, que continuo na busca incessante de sempre melhorar, progredir e seguir em frente. Aqui, agradeço a todos os meus familiares na pessoa da minha esposa Sarah Gabriela, parceira incansável, defensora incorrigível da língua portuguesa e revisora oficial dos meus trabalhos, sempre a postos para o que eu precisasse sacrificando, por vezes, suas obrigações no afã de não me deixar cair, ou de me levantar necessário fosse. À minha companheira de vida toda a minha gratidão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Milton Marques Fernandes, um agradecimento especial. O professor que pacientemente me acolheu em um momento difícil da pesquisa, quando me encontrava perdido, sem rumo e que no decorrer da orientação se mostrou ser além de uma pessoa admirável, um verdadeiro comprometido com a ciência que não abandonou o lado humano das pessoas. Exímio conhecedor do assunto, suas contribuições foram imprescindíveis ao desenvolvimento desta pesquisa, tendo a oportunidade de aprofundar o conhecimento sobre economia ecológica cujas reflexões certamente serão levadas para a vida prática no exercício do meu múnus. Espero poder contar sempre.

Ao Dr. Bruno Gomes Cunha, servidor do Instituto de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, amigo sempre muito prestativo e atencioso que se dispôs a ajudar no que fosse necessário para o desenvolvimento deste trabalho, que forneceu dados e informações institucionais importantes, que refletiram diretamente na discussão dos Resultados. Meu muito obrigado.

A Dra. Márcia Rodrigues de Moura Fernandes que também contribuiu com dados importantes sobre as mudanças do uso do solo no semiárido sergipano, que enriqueceram e deram embasamento a presente dissertação, a quem muito admiro e sou grato.

À Coordenação, aos Professores e Servidores do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento em Meio ambiente, a quem agradeço na pessoa da Profa. Dra. Maria José, responsável pela luta incansável da manutenção da qualidade do curso.

Aos amigos Isabella e Victor, pessoas incríveis que tive o prazer de conhecer e conviver durante o período do curso e fiz questão de trazê-los para minha vida. Diálogos memoráveis, momentos inesquecíveis marcaram essa parceria. Obrigado por me manterem sempre atualizado nos trabalhos, por segurarem as pontas quando precisei, e por toda atenção. Os estudiosos de Kuhn ainda vivem e se manterão unidos pelos enigmáveis paradigmas da vida.

RESUMO: A sub-bacia do Rio Jacaré está localizada na Bacia do Rio São Francisco (região do Baixo São Francisco). Está inserida no bioma Caatinga, na região semi-árida sergipana, abrangendo os municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo, sendo caracterizada pela presença significativa de Assentamentos Rurais e pela forte produção agropecuária. Infere-se que as mudanças no uso e na cobertura das terras, interferem na disponibilidade dos serviços ecossistêmicos – SEs; benefícios obtidos dos ecossistemas que são essenciais para a sobrevivência humana. Desta forma, a identificação, avaliação e a valoração monetária dos SEs são de grande interesse para as políticas com foco conservacionista e de ordenamento territorial, especialmente para a instituição de políticas de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA ou ecossistêmicos – PSE. Assim, este presente trabalho tem por objetivo analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2017, na sub-bacia do Rio Jacaré, buscando-se a valoração monetária dos seus SEs. Como procedimentos metodológicos, delimitou-se a sub-bacia do Rio Jacaré, e, para análise do uso e cobertura da terra, foram obtidas imagens do satélite Landsat-8, sensor OLI (Operational Land Imager), dos anos de 2013 e 2017, com resolução espacial de 30 m, além de uma imagem *rapideye* do ano de 2016. As imagens foram submetidas à classificação supervisionada por máxima verossimilhança, sendo todo o processamento realizado no software ArcGis 10.2. A classificação automática permitiu a identificação e quantificação de seis classes: caatinga, regeneração, agricultura, pastagem, solo exposto e corpos d’água. Para a valoração ecossistêmica das classes, pautou-se nos valores monetários pré-estabelecidos. E ainda, determinou-se o custo oportunidade das classes com fins econômicos. Como resultados, tem-se que, em 2017, mais de 50% das áreas são florestadas (Regeneração e Caatinga) e 20% com áreas com solo exposto, que sugerem que esta sub-bacia está em processo de desertificação. Cerca de 30% da área da sub-bacia está ocupado por Assentamentos Rurais (n=33). as classes Caatinga, Regeneração e Pastagem correspondem a cerca de 99% e 98% dos valores dos SEs em 2013/2017. Houve um aumento de aproximadamente 23% no valor dos SEs, equivalente a US\$ 30,71 milhões. Conclui-se que houve um incremento nos percentuais das áreas florestadas e de solos expostos; a expansão das áreas de Caatinga e Regeneração contribuiu para o aumento dos valores dos serviços ecossistêmicos e coeficientes acumulados e individualmente; o serviço ecossistêmico ciclagem de nutrientes foi o que obteve maior valor econômico, em ambos os anos; e, os valores 105,4 US\$. ha⁻¹.ano⁻¹ e 46,5 US\$.ha⁻¹.ano podem ser parâmetros remuneratórios mínimos para a conversão de áreas de Pastagem e Agrícola, respectivamente, para áreas florestadas.

Palavras-chave: Capital Natural, Valoração Ecossistêmica, Dinâmica Ambiental, Uso da Terra.

ABSTRACT: The sub-basin of the Jacaré River is located in the San Francisco River Basin (Low San Francisco region). It is located in the Caatinga biome, in the semi-arid region of Sergipe, covering the municipalities of Canindé do São Francisco and Poço Redondo, and is characterized by the significant presence of Rural Settlements and the strong agricultural and livestock production. It is inferred that changes in land use and land cover interfere with the availability of ecosystem services - ESs; from ecosystems that are essential for human survival. In this way, the identification, evaluation and monetary valuation of the ESs are of great interest for policies with a conservationist and territorial planning focus, especially in the institution of policies for Payment for Environmental Services or Ecosystemic (PES). Thus, this paper aims to analyze the dynamics of land use and land cover in the years 2013 and 2017, in the Jacaré River sub-basin, seeking the monetary valuation of its ESs. As methodological procedures, the subarea of the Jacaré River was delimited, and, for the analysis of land use and coverage, images were obtained from Landsat-8 satellite, OLI (Operational Land Imager) satellite, from the years of 2013 and 2017, with spatial resolution of 30 m, as well as a rapideye image of the year 2016. The images were submitted to the supervised classification by maximum likelihood, and all processing was done in ArcGis 10.2 software. The automatic classification allowed the identification and quantification of six classes: caatinga, regeneration, agriculture, pasture, exposed soil and water bodies. For the ecosystem valuation of the classes, it was based on the pre-established monetary values. Also, the economic opportunity cost of the classes was determined. As a result, it is estimated that in 2017, more than 50% of the areas are forested (Regeneration and Caatinga) and 20% with areas with exposed soil, which suggest that this sub-basin is in the process of desertification. About 30% of the sub-basin area is occupied by Rural Settlements ($n = 33$). the Caatinga, Regeneration and Pasture classes correspond to about 99% and 98% of the ESs values in 2013/2017. There was an increase of approximately 23% in the value of the ESs, equivalent to US\$ 30.71 million. It was concluded that there was an increase in the percentages of forested areas and exposed soils; the expansion of the Caatinga and Regeneration areas contributed to the increase in the values of ecosystem services and cumulative and individual coefficients; the ecosystem service cycling of nutrients was the one that obtained greater economic value, in both years; and, the amounts 105.4 US\$. ha⁻¹.year⁻¹ and 46.5 US\$.ha⁻¹.year⁻¹ may be minimum compensation parameters for the conversion of pasture and agricultural areas, respectively, to forested areas.

Keywords: Natural Capital, Ecosystem Assessment, Environmental Dynamics, Land Use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Regiões fisiográficas da bacia hidrográfica do Rio São Francisco.	17
Figura 2: Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Jacaré, Sergipe.	28
Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra da sub-bacia do Rio Jacaré, SE, nos anos de 2013 e 2017.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Possibilidades de abordagem para valoração econômica de recursos naturais.	22
Tabela 2: Biomas equivalentes para as classes de uso da terra na sub-bacia do Rio Jacaré, SE e os valores dos serviços ecossistêmicos (US\$.ha ⁻¹ .ano ⁻¹).	30
Tabela 3: Uso da terra na sub-bacia do Rio Jacaré, SE, nos anos de 2013 e 2017.	33
Tabela 4: Estimativa do valor total dos serviços ecossistêmicos providos pela sub-bacia do Rio Jacaré, SE, por classe de uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2017 (em mil US\$).	37
Tabela 5: Coeficientes de valores individuais dos serviços ecossistêmicos por classe de uso e cobertura da terra, baseado em Costanza et al. (1997), em US\$.ha ⁻¹ .ano ⁻¹ .	38
Tabela 6: Estimativa do valor individual dos serviços ecossistêmicos prestados pela sub-bacia do Rio Jacaré, Sergipe, nos anos de 2013 e 2017 (em mil US\$).	40

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1. OBJETIVOS:	16
1.1 Geral	16
1.2 Específicos	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Uso e ocupação do solo na bacia do Rio São Francisco e sub-bacia Jacaré, SE	17
2.2 Valoração de serviços ecossistêmicos	19
2.3 Natureza e importância dos serviços ambientais e ecossistêmicos	22
2.4 Pagamentos por serviços ambientais e ecossistêmicos (PSA/PSE)	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Localização e caracterização da área de estudo	27
3.2 Base de dados	29
3.3 Processamento das imagens de satélite	29
3.4 Valoração ecossistêmica do uso da terra	30
3.5 Determinação dos custos de oportunidade das classes com fins econômicos	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Uso e cobertura da terra para os anos de 2013 e 2017	33
4.2 Valores estimados dos serviços ecossistêmicos de acordo com o uso da terra	37
4.3 Valoração ecossistêmica da dinâmica individual dos serviços ecossistêmicos	38
4.4. Custos de oportunidade e parâmetros remuneratórios mínimos	41
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, sendo a cobertura vegetal típica do semiárido da região Nordeste, e abrangendo uma área aproximada de 844.453 km², ou seja, cerca de 10% do território brasileiro, e ainda, 26% do território sergipano (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB, 2010). A vegetação da caatinga sustenta a economia da região semiárida por meio do fornecimento de lenha e carvão para a matriz energética, de produtos não-madeireiros como local de pastejo (pecuária extensiva), de serviços sociais e ambientais (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO – CBHSF, 2016).

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco possui uma área de drenagem de 636.920 km², correspondente a 8% do território nacional, abrangendo sete unidades da federação: Bahia, Minas Gerais, Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Goiás e Distrito Federal (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA, 2005). No Estado de Sergipe, esta bacia é representada pela região fisiográfica do Baixo São Francisco (CBHSF, 2016), abrangendo 7.024 km²; cerca de 32% do território sergipano, em 28 municípios (SILVA; CIRILO, 2011), e em três condições climáticas (semiárido, agreste e subúmido) (AGUIAR NETTO, 2009).

Dentre as sub-bacias hidrográficas do semiárido sergipano que integram a bacia hidrográfica do Rio São Francisco, tem-se a sub-bacia do Rio Jacaré, afluente da margem direita do Rio São Francisco (SANTANA; AGUIAR NETTO; MELLO JÚNIOR, 2007). Esta sub-bacia abrange os municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco (CARVALHO; SANTOS; PEIXOTO, 2015), possuindo como principais coberturas do solo a caatinga arbustiva, o solo exposto e as atividades agropecuárias em substituição à cobertura vegetal (TELES et al., 2016).

A sub-bacia do Rio Jacaré é uma região susceptível a alterações na dinâmica dos recursos hídricos, principalmente devido à fragilização dos leitos dos rios e à concentração de aglomerações urbanas (CARVALHO; SANTOS; PEIXOTO, 2015). Além disso, esta sub-bacia se caracteriza pela presença significativa de Assentamentos Rurais e Colônias Agrícolas (INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA, 2019) e pela forte presença da produção agropecuária (SANTANA; AGUIAR NETTO; MELLO JÚNIOR, 2007).

Por sua vez, sabe-se que as mudanças no uso e na cobertura das terras, bem como os aspectos socioeconômicos e culturais dos agricultores, interferem na disponibilidade dos serviços ecossistêmicos – SEs (PARRON et al., 2015). Os SEs são os benefícios que o homem obtém dos ecossistemas e são essenciais para a sua sobrevivência (AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICO DO MILÊNIO - MEA, 2005), tais como a regulação de água e do clima, o controle da erosão, provisão de alimentos, dentre outros (ANDRADE et al., 2012). Desta forma, a quantificação, mapeamento e avaliação de múltiplos SEs são de grande interesse para as políticas com foco conservacionista e de ordenamento territorial (PARRON; GARCIA, 2015), tendo a utilização da valoração ecossistêmica como uma ferramenta para demonstrar o valor monetário dos SEs (MOTTA, 1997).

1. OBJETIVOS:

1.1 Geral

Analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2017 na sub-bacia do Rio Jacaré e a valoração dos seus serviços ecossistêmicos.

1.2 Específicos

- ✓ Avaliar as mudanças do uso e cobertura da terra da sub-bacia do Rio Jacaré, no período de 2013-2017;
- ✓ Valorar os serviços ecossistêmicos referentes ao uso do solo e cobertura da terra na sub-bacia do Rio Jacaré, no período de 2013-2017.
- ✓ Estimar o valor total dos serviços ecossistêmicos na sub-bacia do Rio Jacaré, no período de 2013-2017;
- ✓ Valorar, monetariamente e de forma individual, os serviços ecossistêmicos para cada classe de uso e cobertura da terra;
- ✓ Quantificar os custos de oportunidade nos serviços ecossistêmicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso e ocupação do solo na sub bacia do Rio Jacaré, Sergipe

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco é dividida em quatro regiões fisiográficas: Alto (40%), Médio (39%), Submédio (17%) e Baixo (4%), estando parte do Estado de Sergipe inserida nesta última região (CBHSF, 2016), conforme Figura 1.

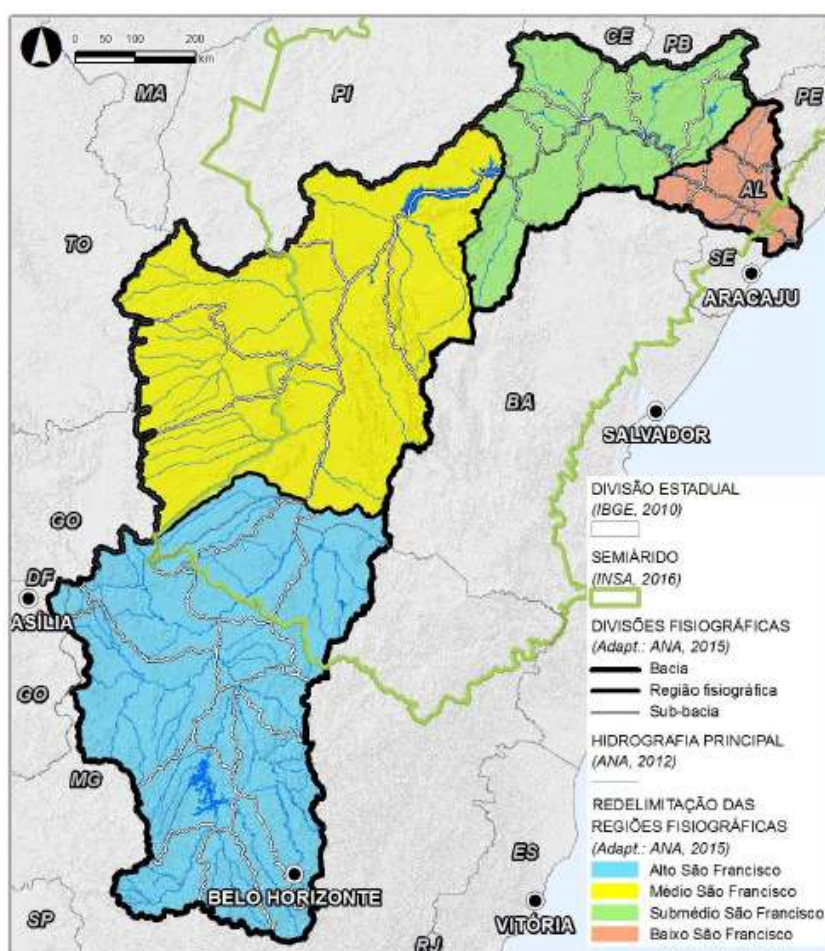


Figura 1: Regiões fisiográficas da bacia hidrográfica do rio São Francisco.
Fonte: CBHSF (2016).

O Rio São Francisco tem uma extensão de 2.836 km, apresentando vários tributários, dentre os quais os rios Jacaré, Capivara, Gararu e Betume (CBHSF, 2009). De acordo com Aguiar Netto (2009), a área ocupada pela bacia do rio São Francisco, em

Sergipe, é de 7.184 km², sendo 5.619 km² na região do semiárido, 619 km² na região do agreste e 946 km² na região do subúmido.

No Baixo São Francisco existem três perímetros irrigados do Governo Estadual, com captação de água direta do Rio São Francisco. No semiárido, o perímetro Califórnia, cuja área irrigável é de 1.360 ha e o Jacaré-Curituba com área irrigável de 3.681 ha (em implantação), situados nos municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo, respectivamente. E, na região do subúmido, o Platô de Neópolis com área irrigável de 7.230 ha, situado no município de Neópolis (CBHSF, 2016).

Quanto ao uso e cobertura da terra no Baixo São Francisco, predomina o grande grupo pastagens (52,6%), associada a outros tipos de uso da terra (25,4%): pastagens com lavoura, pastagens com matas e florestas, lavouras com pastagem, pastagens com sistemas agroflorestais, matas e florestas com pastagens. As matas e/ou florestas e as lavouras são os menos expressivos (2,4% e 5,4%, respectivamente) (NEMUS, 2015).

Na sub-bacia do Rio Jacaré, destaca-se o perímetro irrigado Jacaré-Curituba, ocupando uma área irrigável de 3.105 ha (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA – CODEVASF, 2011), que beneficia mais de 700 famílias de agricultores, tendo como principais cultivos: quiabo, mandioca e milho (AGUIAR NETTO; SANTANA, 2015). Essa sub-bacia se destaca como um dos principais produtores de goiaba (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2018), graças às políticas públicas, notadamente, tecnologias de irrigação disponibilizadas em perímetros públicos estaduais irrigados (OBSERVATÓRIO DE SERGIPE, 2019a).

Além disso, essa sub-bacia apresenta expressivo número de Assentamentos Rurais (INCRA, 2017), onde se pratica a agricultura diversificada de sequeiro e plantios irrigados de culturas permanentes (goiaba e acerola) (CARVALHO; SANTOS; PEIXOTO, 2015). Destaca-se ainda, a inserção desta sub-bacia na Unidade de Conservação Monumento Natural (MONA) Grota do Angico (SERGIPE, 2015). Por fim, essa região tem sua economia baseada principalmente na pecuária leiteira, com diversas agroindústrias de processamento lácteo, de variados portes, prevalecendo as de administração familiar ou de associações/cooperativas (INCRA, 2017). Logo, a economia desta região está baseada no setor primário onde a pecuária leiteira e a agricultura colaboram para o seu desenvolvimento econômico.

2.2 Valoração de serviços ecossistêmicos

Os ecossistemas são responsáveis por diversos processos naturais que têm a capacidade de prover bens e serviços essenciais para a sobrevivência de todas as formas de vida no planeta e para garantir o bem-estar da sociedade e a satisfação das necessidades humanas (de GROOT et al., 2002). Estas funções ecossistêmicas são definidas como as constantes interações existentes entre os elementos do ecossistema, como a transferência de energia, a ciclagem de nutrientes, a regulação climática e o ciclo da água (MEA, 2005). Por meio destas funções do ecossistema são gerados os chamados serviços ecossistêmicos - SEs, que são os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas, entre eles a provisão de alimentos, a regulação climática, a formação do solo, a produção de água, dentre outros (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio foi um trabalho realizado por solicitação das Nações Unidas, entre 2001 e 2005, e teve como principal objetivo avaliar os impactos das mudanças que estão ocorrendo nos ecossistemas em relação ao bem-estar das sociedades humanas (MEA, 2005). Neste trabalho, os SEs foram divididos em quatro grupos:

- a) Serviços de provisão: são aqueles que fornecem bens ou produtos com valor econômico, como água e alimento;
- b) Serviços reguladores: são serviços relacionados à manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, como o sequestro de carbono, a qualidade do ar e da água, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, controle de processos erosivos, dentre outros;
- c) Serviços culturais: são aqueles serviços associados aos valores da cultura humana, tais como benefícios recreacionais, religiosos e outros não materiais;
- d) Serviços de suporte: são serviços que mantêm a perenidade da vida na Terra, como formação do solo, polinização, manutenção da biodiversidade, fotossíntese e ciclo de nutrientes.

Na literatura, além do termo serviços ecossistêmicos – SEs, tem-se o termo serviços ambientais - SAs. Os SAs podem ser compreendidos como os benefícios que as

peças recebem do ecossistema, tendo uma distinção conceitual entre SAs e SEs. Enquanto o primeiro se refere aos serviços de consultoria, educação, monitoramento e avaliação, prestados por agentes públicos e privados, que tenham impacto na mensuração, prevenção, minimização ou correção de danos aos SEs, o segundo termo se trata das funções e processos dos ecossistemas que têm grande importância para a preservação, conservação, recuperação, uso sustentável e melhoria do meio ambiente e promoção do bem-estar humano que podem ser danificados com a exploração humana (PEIXOTO, 2011)¹.

Há vários fatores que impedem que os mecanismos de mercado garantam eficientemente a conservação dos SEs. Dentre eles, a falta de mercado para esse tipo de serviço, como os culturais ou de regulação; e políticas e instituições que não deixam que os indivíduos sobrevivam dentro do ecossistema e dessa forma se beneficiem dos serviços que podem estar disponíveis a outras pessoas e até para as gerações futuras (PEIXOTO, 2011). O valor econômico dos recursos ambientais tem sido desagregado, que compreende o valor de uso e valores de não uso (MARQUES, 2011). Os valores que os agentes atribuem aos ecossistemas e à biodiversidade podem ser agrupados em dois diferentes tipos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2011):

- a) valores intrínsecos: correspondem à contribuição dos ecossistemas e da biodiversidade em manter a saúde e a integridade de um ecossistema ou espécie, independente da satisfação humana. Esses valores são baseados em sistemas de valor teológicos ou éticos e não podem ser captados em termos monetários;
- b) valor econômico total: é composto pelos valores de uso e não uso dos ecossistemas e da biodiversidade. Os valores de uso podem ser de uso direto, indireto e de opção. Os valores de não uso são atribuídos por um agente, independente dele mesmo se beneficiar do uso. São divididos em duas categorias: de existência e de legado.

A valoração de um ecossistema tem como principais objetivos a determinação dos custos e benefícios de sua conservação (MAY, 2005). E, a valoração ambiental tem como finalidade o pagamento pelo uso ou manutenção dos recursos ambientais e tem sua gênese na proteção de interesses atuais e futuros e a defesa de direitos inerentes à presença dos próprios recursos, execução de benfeitorias e da criação de danos ambientais, sendo que

¹ Apesar de possível diferenciação conceitual, neste estudo será adotado o termo serviço ecossistêmico para ambos os tipos de serviços.

a valoração econômica ambiental se tornou imprescindível ao desenvolvimento das bases econômicas para o estabelecimento de políticas ambientais (MATOS *et al.*, 2010).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da NBR 14653:6 Avaliação de Bens – Parte 6: Recursos Naturais e Ambientais (ABNT, 2008), estabeleceu os procedimentos para tal valoração, a serem utilizados na identificação do valor dos recursos ambientais; na identificação dos custos de oportunidade da proteção ambiental; e na determinação de prioridades e ações para subsídio da gestão ambiental. Por sua vez, a Economia Ambiental desenvolveu o conceito analítico de Valor Econômico dos Recursos Ambientais (Vera) (SEROA DA MOTA, 2006), que encerra quatro formas de atribuição de valor:

$$VERA = (VUD + VUI + VO) + VE, \text{ onde:}$$

VERA – Valor Econômico do Recurso Ambiental

VUD – Valor de Uso Direto: valor que os indivíduos atribuem ao bem ambiental por sua utilização direta, por exemplo, ao extrativismo vegetal;

VUI – Valor de Uso Indireto: valor atribuído ao bem ambiental pelo benefício obtido por intermédio das relações ecológicas entre os elementos de um ecossistema, por exemplo, pela manutenção da reprodução de determinadas espécies de peixes de água doce com a conservação da mata ciliar dos cursos de água;

VO – Valor de Opção: é o valor conferido pelos indivíduos para preservação de recursos que podem ser utilizados de modo direto ou indireto no futuro próximo, por exemplo, terapias provenientes de substâncias derivadas de plantas tropicais ainda não catalogadas;

VE – Valor de Existência: valor associado ao direito de existência de espécies distintas da humana e de riquezas naturais, por motivos altruístas, éticos, morais ou culturais, desvinculado da possibilidade de seu uso direto, indireto, presente ou futuro.

Esse mesmo autor classifica as metodologias de valoração ambiental em dois grupos: Função de Produção (Produtividade Marginal, Mercados de Bens Substitutos, Método de Custo de Controle e Método do Custo de Oportunidade) e Função de Demanda (Método dos Preços Hedônicos, Custo de Viagem e Valoração Contingente) (SEROA DA MOTA, 2006). Esses métodos são apresentados a seguir:

Tabela 1: Possibilidades de abordagem para valoração econômica de recursos naturais.

VALOR DE USO		VALOR DE NÃO USO	
Valor de uso direto	Valor de uso indireto	Valor de opção	Valor de existência
Produtos madeireiros Produtos não madeireiros Usos educacionais, recreação, cultural	Proteção dos corpos d'água Redução da poluição do ar Sequestro de carbono Regulação climática	Usos futuros associados	Biodiversidade Valores culturais
Possíveis abordagens para valoração			
Custo de viagem Valoração contingente Produtividade marginal Custo de oportunidade Custo de reposição	Custos evitados Gastos defensivos Produtividade marginal Custo de reposição Valoração contingente	Valoração contingente	Valoração contingente

Fonte: Adaptado de Mattos; Mattos (2004).

2.3 Natureza e importância dos serviços ecossistêmicos

Os SEs estão diretamente relacionados às características de não rivalidade e não exclusividade, sendo que devido a isso, os direitos de propriedades sobre os mesmos não são completamente definidos. Por exemplo, é tecnicamente difícil impedir que alguém se beneficie do ar, da água ou da beleza cênica. Isso caracteriza a não exclusão, onde preços não se formam e não atuam para racionar o uso ou gerar receitas para a conservação dos serviços, podendo resultar em sua degradação ou exaustão. Já o prazer de apreciar uma catarata por uma pessoa, por exemplo, não necessariamente diminui se outra pessoa também a está admirando. Isso refere-se à não rivalidade de uso, onde o consumo de um bem ou serviço por um indivíduo não reduz o montante disponível para outro (SEROA DA MOTTA; RUITENBEEK; HUBE, 1996).

Para tanto, muitos SEs têm, em maior ou menor grau, a natureza de bens públicos, sendo caracterizados por suas propriedades de não exclusividade e de não rivalidade (MMA, 2011). Como consequência desta característica temos o chamado dilema do “caronista” ou “free -rider” (LANDELL-MILLS; PORRAS, 2002; COSTANZA et al., 1997), onde os agentes não podem ser excluídos do consumo dos SEs, e o consumo dos serviços por terceiros não reduz os seus benefícios, assim os agentes não têm incentivos a pagar por eles. Eles esperam que outros

paguem pelos serviços para que possam consumi-los de qualquer maneira, e se todos os agentes adotarem a estratégia de caronista, a disposição a pagar por eles tenderá a zero.

Dessa forma, consumidores que se beneficiam dos SEs não pagam por eles, enquanto produtores não recebem por produzi-los (ou para garantir a provisão dos serviços). Como se torna impossível a transformação do seu valor em preços, e sendo os preços sinais de mercado que direcionam as decisões econômicas dos produtores e consumidores da sociedade, então existe nesse contexto uma falha de mercado (SEROA DA MOTTA; RUITENBEEK; HUBE, 1996).

Mas, nota-se que nem todos os bens e SEs têm características de bens públicos puros. Há variados graus de não exclusividade e não rivalidade para os diferentes SEs e é a sua intensidade que determinará o nível de falha do mercado, assim como a melhor forma de lidar com ela (MMA, 2011).

O Ministério do Meio Ambiente realizou um estudo juntamente com o United Nations Environment Programme (UNEP) e World Conservation Monitoring Centre (WCMC), com a finalidade de mostrar as áreas protegidas pelo Brasil que contribuem de forma significativa para a economia do país. O estudo revela que:

“38,4% dos empreendimentos de geração de energia hidrelétrica no Brasil (responsáveis por 80,3% do total da energia provenientes de fontes hidrelétricas em operação) ficam a jusante de áreas protegidas, sendo estas extremamente relevantes não somente pela perenidade do provimento de água (a quantidade), mas também para a contenção da erosão e do aumento da carga sedimentária dos rios (a qualidade da água), evitando a sedimentação deste material nas represas. Isto representa um dos principais fatores de custo no processo de geração de energia hidrelétrica (MEDEIROS et al., 2011).”

Estudos realizados pelo The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) demonstram também que a natureza prove soluções e benefícios com custos menores do que poderiam ser alcançados com soluções técnicas. Um exemplo seria o sistema de pagamento por serviço ecossistêmico (PSE) de Nova Iorque, onde primeiramente avaliaram-se as possíveis formas de soluções. A restauração da bacia

hidrográfica de Catskill, que fornece água para a cidade custou US\$ 2 bilhões a Nova Iorque, enquanto que a adoção de uma usina de pré-tratamento para manter a água pura teria custado US\$ 7 bilhões em investimentos e US\$ 300 a 500 milhões ao ano em custos operacionais (MMA, 2011). Outro exemplo seria a opção entre construir barreiras artificiais ou restaurar os mangues na região costeira do Vietnã, para proteger mais de 70% da população que era ameaçada por desastres naturais. A restauração dos mangues foi mais efetiva, e custou US\$ 1,1 milhão e economizou ao governo cerca de US\$ 7,3 milhões por ano para manutenção de diques marinhos (MMA, 2011).

2.4 Pagamentos por serviços ecossistêmicos (PSE)

Dentre as diversas opções de gestão dos serviços ecossistêmicos, o pagamento por serviços ecossistêmicos (PSE) se sobressai por ser um instrumento econômico que aparentemente tem a capacidade de estimular a proteção e o manejo sustentável dos ecossistemas florestais. Este instrumento está se difundindo no Brasil e no mundo e, por isso, está sendo muito discutido na atualidade (ANDRADE et al., 2012).

No Brasil, os instrumentos de política ambiental pública podem ser classificados em instrumentos de comando e controle, instrumentos voluntários e instrumentos econômicos. Os instrumentos de comando e controle são aqueles relacionados à aplicação de legislação ambiental (comando), à fiscalização e ao monitoramento (controle) da qualidade ambiental (SEROA DA MOTTA, 1998).

Os instrumentos voluntários são aqueles utilizados pelo Poder Público quando deseja induzir processos de transformação da sociedade por meio de mudanças comportamentais e de mercado. Os instrumentos econômicos, como os pagamentos por serviços ecossistêmicos, são aqueles que objetivam induzir o comportamento das pessoas e das organizações em relação ao meio ambiente por meio de medidas que representem benefícios ou custos adicionais para elas (BERNARDES; JUNIOR, 2010).

Os instrumentos econômicos podem se basear tanto na adoção do princípio protetor receptor por meio de incentivos a quem conserva áreas preservadas, quanto pelo princípio do poluidor-pagador, com a taxação de atividades causadoras de impactos ambientais. O PSE surge como instrumento econômico, capaz de estimular a preservação ambiental através de incentivos, financeiros ou não, a fim de garantir a manutenção dos

serviços ecossistêmicos. É um instrumento apoiado no princípio do provedor recebedor, onde aquele que preserva recebe benefícios por suas ações (JARDIM, 2010).

Os programas que utilizam o PSE são vistos como meios promissores para o financiamento de proteção e restauração ambiental (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA - FAO, 2004). O PSE surge quando a sociedade percebe que os serviços essenciais para a sobrevivência humana podem acabar devido à deterioração do meio ambiente e do ecossistema, e foi através dessa percepção que as pessoas começaram a entender que a preservação da natureza deve ser incluída no mercado, e que as atividades lucrativas devem ser repensadas para não correr o risco de extinção da humanidade (WHATELY; HERCOWITZ, 2008).

Pesquisadores utilizam diversas definições para o PSE, mas na definição de Wunder et al. (2005), mais utilizada para esse instrumento, seria *“uma transação voluntária, na qual um serviço ecossistêmico é adquirido por, pelo menos, um comprador de no mínimo, um provedor, sob a condição de que ele garanta a provisão do serviço (condicionalidade)”*. Desse modo essa definição, a característica de voluntariedade consegue diferenciar o PSE dos instrumentos de comando e controle. De acordo com Fulgencio (2012), é de grande importância o esquema de PSE zelar pela transparência de incentivos positivos, que garantam assim mais competitividade nas atividades sustentáveis de uso adequado da terra. O autor ainda ressalva que:

“As atividades sustentáveis são as que provêm mais serviços ecossistêmicos ou mesmo acarretam menos danos ao meio ambiente. Segundo este mesmo autor, esquemas de PSE podem envolver o apoio à obtenção de título de propriedade, execução de serviços para a comunidade, investimentos diretos em infraestrutura, oferecimento de assistência técnica, entre outros.” (FULGENCIO, 2012).

Os mercados de SEs podem ser classificados em categorias seguindo com o nível de intervenção do governo. A primeira categoria é a que são feitos acordos privados entre os produtores de serviços e os beneficiários, os arranjos legais e regulatórios são dispensados, e o grau de intervenção governamental é menor. Na segunda categoria tem a presença de uma autoridade reguladora de um determinado padrão que se presente alcançar, os autores negociam entre si. É necessário um forte sistema para regulação e um

sistema eficaz para o monitoramento. Já a terceira categoria é caracterizada pela realização de pagamento pelo setor público que pode ser o governo ou alguma instituição pública que paga pelo serviço ecossistêmico. Essa é a categoria que melhor se enquadra com o esquema de PSE das bacias hidrográficas do Brasil (FULGENCIO, 2012).

A manutenção da capacidade de manter as condições ambientais apropriadas para a geração dos serviços ecossistêmicos acaba por depender da implementação de práticas humanas que minimizem os impactos negativos do desenvolvimento/industrializações nesses ecossistemas, ou seja, os serviços ecossistêmicos dependem do provimento de serviços ambientais (ANA, 2012). No caso de sistemas de pagamentos por serviços ambientais (PSA), o Método de Custo de Oportunidade - MCO é utilizado como referência para a definição do valor a ser pago pelas práticas conservacionistas a serem contratadas (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV, 2014).

O conceito de PSE proposto por Muradian et al. (2010) define que *“PSE é uma transferência de recursos entre os grupos para criar incentivos para alinhar as decisões de uso da terra individuais e/ou coletivos com o interesse social na gestão dos recursos naturais”*. O PSE se baseia no princípio do produtor-recebedor, o qual valoriza uma variedade de bens e serviços que o meio ambiente fornece gratuitamente, que são de interesse direto ou indireto do ser humano, como provisão de água, beleza cênica, regulação do clima, entre outros, de modo que o “gestor” das áreas naturais se sinta privadamente estimulado a proteger o bem comum (YOUNG; BARKER, 2015).

Ressalta-se ainda a necessidade de o Estado delimitar uma estratégia econômica aliada às diretrizes da racionalidade ecológica, sendo ponderado sobre a função dos instrumentos jurídico-econômicos como política pública de incentivo à preservação do meio ambiente e da qualidade de vida humana (JODAS; PORTANOVA, 2014). Desta forma, na esfera federal tramita o Projeto de Lei do Senado nº 276 de 2013, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), concretizando o objetivo disposto no artigo 41 da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal), que autoriza o Poder Executivo Federal a instituir programa de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente (BRASIL, 2016). Porém, isso não impede a existência de várias iniciativas de PSA pulverizadas na forma de projetos-piloto, normalmente financiados por recursos governamentais, em diferentes biomas (SANTOS; VIVAN, 2012).

A utilização do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) já vem sendo aplicada no Estado de Sergipe, e, através do apoio do Ministério Público Estadual, o município de Canindé do São Francisco instituiu a Lei nº 24/2013, que cria o Projeto Recuperador e Preservador de Águas, autorizando o executivo a prestar apoio financeiro a proprietários rurais (CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO, 2013). Recentemente o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – CBHSF aprovou o financiamento, com recursos da cobrança pelo uso da água do Rio São Francisco, de uma série de ações que fazem parte do projeto de Recuperação Hidroambiental na Bacia Hidrográfica do Curituba, que integram o projeto piloto desenvolvido no Assentamento Rural Mandacaru, no município de Canindé do São Francisco, sendo uma proposta da comunidade local (CBHSF, 2016). E ainda, está em desenvolvimento no Estado de Sergipe um Acordo de Cooperação Técnica para a implantação do Programa de Produtor de Água e de Pagamento por Serviços Ambientais.

Assim, a mobilização por um modelo agrário sustentável, embasado na reconfiguração das identidades locais, na preservação da biodiversidade e na falta de estímulo ao uso de práticas degradadoras, enseja a pertinência do instrumento de Pagamento por Serviços Ambientais como mecanismo estatal de fomento à reapropriação sustentável da natureza pelos agricultores (JODAS; PORTANOVA, 2014). E ainda, o desenvolvimento sustentável pressupõe um crescimento econômico compatível com a existência dos recursos naturais, de tal forma que estes sejam preservados e não degradados, bem como haja o combate para a erradicação da pobreza, com a satisfação das necessidades básicas fundamentais e a melhoria da qualidade de vida da população, possibilitando a transmissão deste legado para as futuras gerações (SOUZA, 2014).

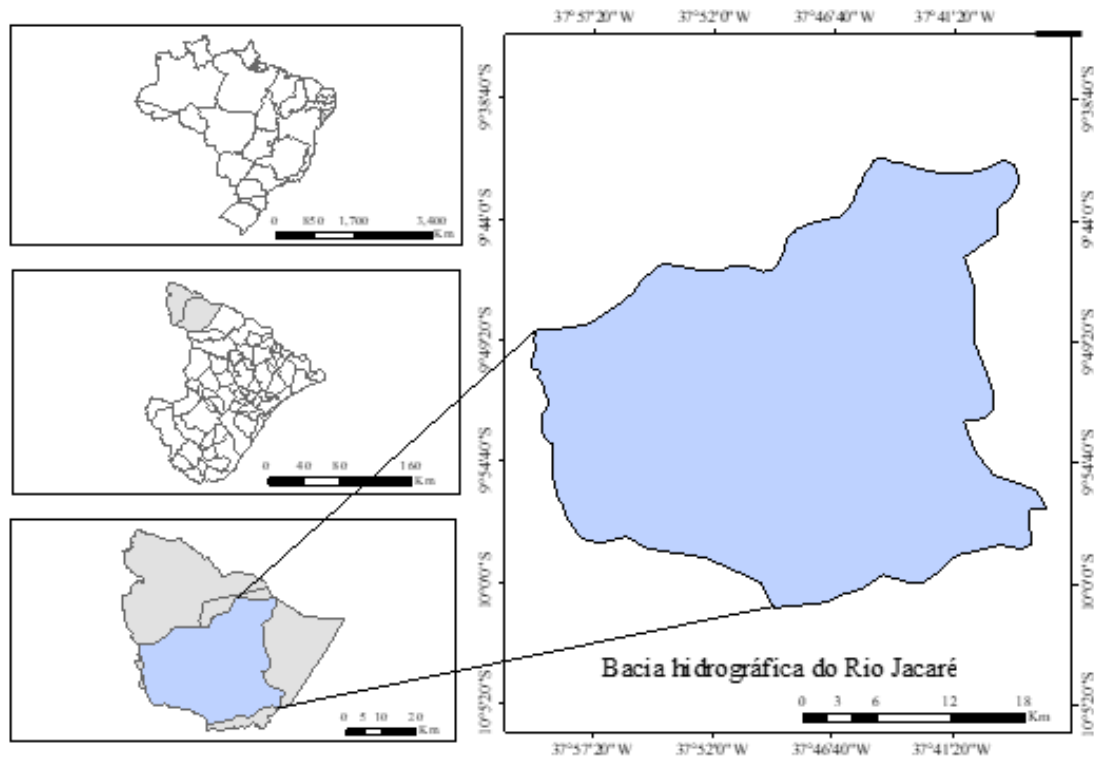
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do rio Jacaré está localizada na região semiárida do Estado de Sergipe, nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo (Figura 2). Esta sub-bacia abrange uma área de 943,98 km², com perímetro de 142,77 km, desnível entre nascente e foz de 270 m, declividade média de 0,0048 m.m⁻¹ e índices de

forma de 0,53 e compacidade de 1,3 (SANTANA; AGUIAR NETTO; MELLO JÚNIOR, 2007).

Figura 2: Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Jacaré, Sergipe.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Rio Jacaré tem uma extensão de 73,5 km e é formado por vários tributários, dentre os quais se destacam, à margem direita, o riacho Novo, o córrego Santa Maria e o riacho do Brás; na margem esquerda, têm-se o riacho Boqueirão, riacho da Guia, riacho São Clemente e o riacho Craibeiro (BATISTA et al., 2014; SANTANA; AGUIAR NETTO; MELLO JÚNIOR, 2007).

Os solos da sub-bacia do Rio Jacaré são rasos, pouco permeáveis e intemperizados, apresentando afloramentos rochosos na superfície e ao longo do perfil, o que contribui para restrições do seu uso e propensão à erosão e salinização (BATISTA et al., 2014). Como principais classes de solos, têm-se os Luvisolos, Planossolos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos (SERGIPE, 2012; TELES et al., 2016). Sua vegetação nativa é a caatinga hiperxerófila, com predominância de arbustos e árvores baixas, com espécies de cactáceas e bromeliáceas (BATISTA et al., 2013).

O clima na região é o semiárido do tipo “BSh”, segundo a classificação de Köppen, com baixa incidência pluviométrica, que varia entre 250 e 900 mm.ano⁻¹, com

temperaturas médias anuais relativamente elevadas, entre 26 e 29°C (ALVES, 2007). Além disso, possui duas estações distintas durante o ano: a estação chuvosa ou inverno, que dura de três a cinco meses (maio a setembro), apresentando chuvas irregulares e de pouca duração; e a estação seca ou verão, que pode durar de sete a nove meses (outubro a abril) e quase não apresenta chuva (MAIA, 2004).

3.2. Base de dados

Para a análise do uso dos solos, foram obtidas imagens do satélite Landsat-8, sensor OLI (Operational Land Imager), dos anos de 2013 e 2017, com resolução espacial de 30 m, além de uma imagem *rapideye* do ano de 2016. Os dados utilizados foram cedidos pela Superintendência de Recursos Hídricos (SRH) do Estado de Sergipe e do sítio do Serviço Geológico Americano (USGS). As imagens de satélite foram selecionadas em função da menor presença de nuvens ($\leq 35\%$ de área coberta por nuvens) (PRADO et al., 2007).

3.3. Processamento das imagens de satélite

As imagens Landsat foram processadas no software ArcGis 10.2. As observações visuais preliminares foram feitas sobre as imagens na composição colorida na 6(R)5(G)4(B) para a imagem do Landsat-8. As imagens foram georreferenciadas por meio do sistema de coordenadas UTM, Zona 24 Sul, Datum WGS-84. Para o registro das imagens Landsat, usou-se uma imagem *rapideye*, com resolução espacial de 5 m, do ano 2016, como referência geométrica. Aplicou-se uma transformação polinomial de primeiro grau, gerando-se erros médios quadráticos (RMS) inferiores a 1 pixel da imagem Landsat. Em seguida, as imagens foram submetidas ao tratamento de realce de contrastes, e se fez a equalização para melhor identificação e agrupamento dos aspectos referentes ao uso e à cobertura da terra.

As imagens foram submetidas à classificação supervisionada por máxima verossimilhança. A classificação automática foi realizada no software ArcGis 10.2, na

qual foi possível classificar seis classes: caatinga, regeneração (capoeira), agricultura, pastagem, solo exposto e corpos d'água.

3.4 Valoração ecossistêmica do uso e cobertura da terra

Os valores dos serviços ecossistêmicos foram classificados por meio das classes de uso e cobertura da terra que foram identificadas na sub-bacia do Rio Jacaré. O cálculo dos serviços ecossistêmicos foi realizado de acordo com as estimativas propostas por Costanza et al. (1997), que classificou os biomas mais representativos utilizados como *proxy* para o valor de cada categoria de cobertura de solo. A Tabela 2 mostra as equivalências utilizadas e o valor dos serviços ecossistêmicos gerados para cada categoria de uso e cobertura da terra.

Tabela 2: Biomas equivalentes para as classes de uso da terra na sub-bacia do Rio Jacaré, SE e os valores dos serviços ecossistêmicos (US\$.ha⁻¹.ano⁻¹).

Classes de uso e cobertura da terra	Bioma equivalente ^a	Coefficiente dos serviços ecossistêmicos ^b
Caatinga	<i>Tropical forest</i>	3.067
Regeneração	<i>Tropical forest</i>	3.067
Agricultura	<i>Cropland</i>	141
Pastagem	<i>Grass/rangelands</i>	373
Solo Exposto	<i>Urban</i>	0,00
Corpos D'água	<i>Lakes/Rivers</i>	12.979

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Costanza et al. (1997) e Andrade et al. (2012), corrigido para o ano de 2017².

^a nomenclatura original utilizada em Costanza et al. (1997); ^b em US\$ por hectare por ano. Corresponde ao valor agregado dos serviços ecossistêmicos gerados pela respectiva categoria de uso da terra, dadas as informações disponíveis.

Nota-se que a categoria de uso e cobertura da terra para corpos de água (*Lakes/Rivers*) é a que apresenta o valor de serviços mais elevado, seguida pela caatinga e regeneração (*Tropical Forest*), pastagem (*Grass/Rangelands*) e agricultura (*Cropland*).

² Correção monetária, para o período de 01/01/97 a 01/01/2017, através do sítio <https://fxtop.com/pt/calculadora-de-inflacao.php>.

Por último, sem valores tabulado por Costanza et al. (1997), está a categoria de solo exposto, considerado como equivalente ao tipo de uso “urbano” (*Urban*), no qual o valor dos serviços ecossistêmicos é nulo em função da ausência de capital natural³ e o nível de antropização do ambiente.

Deste modo, considerando os valores dos coeficientes dos serviços ecossistêmicos por categoria de uso da terra, é possível determinar o Valor Total dos Serviços Ecossistêmicos (VSE_{total}), na sub-bacia do Rio Jacaré, para os anos de 2013 e 2017, por meio da seguinte equação (Equação 1):

$$VSE_{total} = \sum(A_k * VC_k) \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

VSE_{total} = Valor total dos serviços ecossistêmicos (em US\$.a⁻¹);

A_k = Área total da classe de uso e cobertura da terra k (em ha);

VC_k = Coeficiente de valor dos serviços ecossistêmicos por classe de uso k (em US\$.ha⁻¹.ano⁻¹).

A variação no valor dos serviços ecossistêmicos foi obtida pela diferença entre os valores estabelecidos em cada classe de uso e cobertura da terra nos anos de 2017 e 2013. No caso trata-se de: $\Delta VSE_{absk} = VSE_{2017k} - VSE_{2013k}$. Já a variação relativa é dada pela equação (Equação 2):

$$\Delta VSE_{relk} = (VSE_{2017k} / VSE_{2013k} - 1) * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Em que, ΔVSE_{absk} e ΔVSE_{relk} são, respectivamente, a variação absoluta no valor dos serviços ecossistêmicos providos pela categoria de uso e cobertura da terra k (em dólares) e a variação relativa (%).

É possível obter o valor dos 17 serviços ecossistêmicos (regulação de gás, regulação climática, regulação de distúrbios, regulação de água, oferta de água, controle da erosão, formação do solo, ciclagem de nutrientes, tratamento de resíduos, polinização,

³ São todos os elementos (bióticos e abióticos) dos ecossistemas incluindo recursos naturais, considerados estoques, e os processos físico-químicos e biológicos (MASEYK et al., 2016).

controle biológico, habitat/refúgio, produção de alimentos, matérias-primas, recursos genéticos, recreação e serviços culturais), descritos por Costanza et al. (1997), que apresentam estimativas monetária individuais por tipos de cobertura da terra.

Para este cálculo será utilizada a seguinte equação (Equação 3):

$$VSE_f = \sum (A_k * VC_{fk}) \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

VSE_f = Valor estimado do serviço ecossistêmico f (em US\$.ano⁻¹);

A_k = Área da classe de uso da terra k (em ha);

VC_{fk} = Coeficiente para o serviço ecossistêmico f na categoria k (em US\$. ha⁻¹.ano⁻¹).

Por fim, será calculado a Coeficiente de Contribuição da Variação (CCV_k), conforme equação (Equação 4):

$$CCV_k = (VSE_{2017} - VSE_{2013}) / \sum VSE_{2013} \quad \text{Equação 4}$$

3.5 Determinação dos custos de oportunidade das classes com fins econômicos

O Custo de Oportunidade é definido como a melhor alternativa da qual se desiste quando uma escolha é feita, sendo calculado como a diferença entre a opção que foi feita e sua melhor alternativa econômica (FGV, 2014). Sobre isso, comenta-se que:

“A lógica é que, para incentivar o proprietário rural a mudar sua prática de uso de solo, o benefício pago na forma de PSA somado à renda da prática conservacionista que se pretende incentivar deve ser superior à renda obtida da prática de uso do solo atualmente empregada. Se assim for, ou seja: renda da prática de uso do solo atual – (renda da prática conservacionista de uso de solo + PSA) < 0, o proprietário rural trocará a prática tradicional pela prática conservacionista, pois terá benefício

econômico nessa troca. Cabe ressaltar que o tipo e a quantidade de benefícios gerados pela prática conservacionista, bem como sua importância para aqueles que delas se beneficiam não participam diretamente da estimativa de tal custo de oportunidade” (FGV, 2014).

Neste item, inicialmente, identifica-se as principais atividades econômicas, estimando-se o seu valor monetário, bem como o valor dos serviços ecossistêmicos das classes de uso e cobertura da terra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Uso e cobertura da terra para os anos de 2013 e 2017

Conforme a Tabela 3, em 2013, o maior uso da terra na sub-bacia do Rio Jacaré esteve associado a classe Pastagem (55,88%). As classes Caatinga e Regeneração, quando somados, representam 38,48% dos usos da terra, e, são importantes para a manutenção da biodiversidade da flora e fauna. Estes percentuais diferem do obtido por Teles et al. (2016) para o ano de 2012, de 47,45% para as classes Caatinga densa e arbustiva, e, de 21,82% para Solo Exposto. Quanto aos demais usos da terra, em menor percentual (5,64%), tem-se a seguinte ordem crescente: Corpos D’água (0,05%), Agricultura (0,38%) e Solo Exposto (5,21%).

Tabela 3: Uso da terra na sub-bacia do Rio Jacaré, SE, nos anos de 2013 e 2017.

Classe	2013		2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Caatinga	17.020,08	17,67	19.969,41	20,73
Regeneração	20.050,77	20,81	30.179,41	31,32
Agricultura	370,22	0,38	4.259,05	4,42
Pastagem	53.837,93	55,88	21.999,54	22,84
Solo Exposto	5.015,79	5,21	19.747,83	20,50
Corpos D’água	44,72	0,05	184,27	0,19
Total	96.339,51	100,00	96.339,51	100,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em 2017, a classe Regeneração apresentou o maior uso da terra (31,32%). E, quando somado com a classe Caatinga, perfaz percentual superior a 50,0%, sendo

considerado um alto percentual de cobertura vegetal para uma bacia hidrográfica. De acordo com Bircol et al. (2018), existe um limiar ecológico global para florestas tropicais entre 30 a 50% de cobertura florestal para que não haja perda de espécies e alterações da estrutura florestal.

As classes Agricultura e Corpos D'água se limitaram a 4,61% da área. E, a classe Pastagem apresentou percentual de 22,84% e a classe Solo Exposto teve um percentual de 20,50%, inferindo-se que essa sub-bacia está em processo de desertificação⁴. No semiárido sergipano, a desertificação se intensificou em decorrência do sobrepastejo, desmatamento e uso intenso dos recursos naturais da caatinga (TAVARES et al., 2017), e ainda, devido ao processo de salinização de áreas irrigadas (GOIS et al. 2016).

Assim, a dinâmica do uso e cobertura da terra, no período de 2013-2017, demonstrou que a classe Regeneração apresentou um aumento de aproximadamente 50% e a classe Caatinga um acréscimo de cerca de 17%. Em contrapartida, houve uma redução da classe Pastagem (59%), corroborando na redução de cerca de 10% do efetivo pecuário, já que esta sub-bacia faz parte da bacia leiteira sergipana (OBSERVATÓRIO DE SERGIPE, 2019b).

Entre os anos de 1980 a 2000, houve intenso desmatamento nos municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco, com a conversão para áreas de pastagens e uso da madeira para a produção de carvão (BITENCURTI et al., 2017). E, de acordo com Fernandes et al. (2015), a região semiárida de Sergipe, no período de 1992 a 2013, sofreu um desmatamento de 26% de Caatinga, sendo convertida principalmente em pastagens. Entretanto, na sub-bacia do Rio Jacaré ocorreu uma inversão, com um aumento de áreas de vegetação mais preservada e redução de áreas de pastagens.

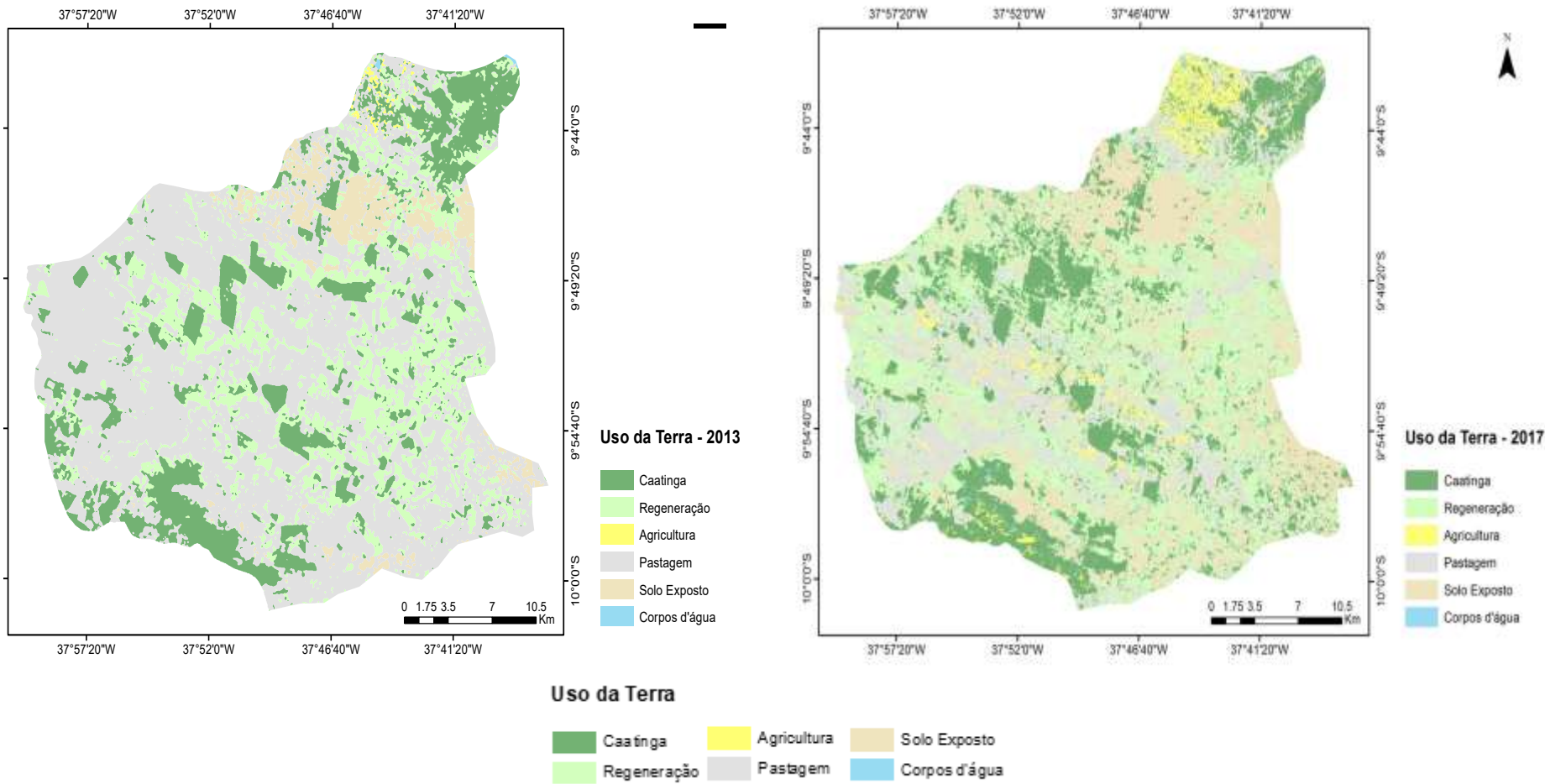
Dados do período de 1999 a 2006, considerando os valores do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), para as classes de uso e cobertura Caatinga, Cultivo Irrigado e a foz do Rio Jacaré, inferiu-se que, mesmo tendo a sub-bacia hidrográfica do Rio Jacaré passado por modificações de caráter antrópico durante esse período, houve um incremento e/ou regeneração considerável de biomassa na área da sub-bacia (BATISTA et al., 2014).

⁴ A desertificação é definida como, “a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.” (CCD, 1995, p. 13).

Por outro lado, tem-se que o maior aumento em percentual foi de Solo Exposto, aumentando cerca de 300%, no período avaliado, alcançando mais de 19 mil hectares de extensão. Ressalta-se que, entre os anos de 2014 a 2017, houve um período de grande estiagem, com um agravamento do processo de desertificação na região semiárida sergipana (MARTINS; MAGALHÃES; FONTENELE, 2017). Já quanto ao uso agrícola, apesar do crescimento em torno de mais de dez vezes no tamanho da área cultivável, sua porcentagem de ocupação total ainda permanece baixa em relação ao total (menos de 5%). Isto ocorre em função do baixo índice pluviométrico da região onde somente se pratica agricultura segura com sistemas de irrigação, o que limita a expansão das áreas de agricultura.

Ressalta-se ainda que, com base nos dados cartográficos dos Assentamentos Rurais em Sergipe (INCRA, 2019), nesta sub-bacia, estão inseridos 33 Assentamentos Rurais, equivalente a 30% da extensão territorial da sub-bacia. Desta forma, o uso e cobertura das terras nestes Assentamentos Rurais têm impacto significativo na dinâmica desta sub-bacia.

Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra da sub-bacia do Rio Jacaré, SE, nos anos de 2013 e 2017.



Fonte: Classificação da sub bacia do Rio Jacaré para para os anos de 2012 e 2017.

4.2 Valores estimados dos serviços ecossistêmicos de acordo com o uso e cobertura da terra

Na Tabela 4, têm-se os resultados calculados de maneira ponderada para o valor de cada serviço ecossistêmico, em função da sua respectiva área (em hectare - ha). Desta forma, pode-se observar o quanto as classes de uso e cobertura da terra influenciam no valor total gerado pelo ecossistema em análise. Calculou-se também a variação no período (2013 a 2017), em valores absolutos e relativos, assim como o Coeficiente de Contribuição da Variação (CCV).

Tabela 4: Estimativa do valor total dos serviços ecossistêmicos providos pela sub-bacia do Rio Jacaré, SE, por classe de uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2017 (em mil US\$).

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Valores dos Serviços Ecossistêmicos (US\$ x 10 ³)				Variações		
	2013	%	2017	%	ΔVSE_{absk}	ΔVSE_{relk} (%)	CCV ¹ (%)
Caatinga	52.199,22	38,84	61.244,58	37,12	9.045,36	17,32	6,73
Regeneração	61.494,11	45,77	92.557,84	56,10	31.063,73	50,51	23,11
Agricultura	52,02	0,04	598,48	0,36	546,46	1.050,41	0,4
Pastagem	20.063,78	14,93	8.198,57	4,97	-11.865,21	-59,13	-8,82
Solo Exposto	0	0	0	0	0	0	0
Corpos D'água	580,44	0,42	2.391,72	1,45	1.811,28	312,05	1,34
Total	134.389,57	100	164.991,19	100	30.701,62	22,77	22,77

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de Andrade et al. (2012).

¹ Coeficiente de Contribuição da Variação, dado por $CCV_k = (VSE_{2017} - VSE_{2013}) / \sum VSE_{2013}$.

Dentre as classes de uso e cobertura da terra, observa-se que o maior valor de serviço ecossistêmico prestado foi referente às áreas de Regeneração, em ambos os períodos analisados. Já as áreas ocupadas por pastagens, apesar de serem maiores em extensão, no ano de 2013, tem um coeficiente de serviços, estimados por Costanza et al. (1997), menor em valores monetários (US\$).

Em conjunto, as classes de uso da terra Caatinga, Regeneração e Pastagem correspondem a cerca de 99% dos valores dos serviços ecossistêmicos em 2013, e 98% em 2017, apesar das alterações na dinâmica do uso e cobertura da terra. Por meio da análise da variação absoluta, observa-se que a redução em área e do valor do serviço ecossistêmico da Pastagem foi substituída por um aumento de área e valor do serviço ecossistêmico de Regeneração, e em parte por área e consequente valor de serviço ecossistêmico da Caatinga.

Avaliando-se a dinâmica e a valoração do uso da terra em uma sub-bacia na Caatinga da Bahia, observaram que a redução da área de Caatinga dos anos de 2000 a 2012 resultaram em uma perda de US\$ 3,2 milhões. Os autores afirmam que houve uma expansão no período avaliado do percentual de pastagem com um consequente aumento do PIB e redução dos valores dos serviços ecossistêmicos, o que representa o *trade-off* existente entre crescimento econômico e preservação dos fluxos de serviços ecossistêmicos (CUNHA et al., 2014).

Em termos de variação relativa, observa-se que houve uma explosão do valor do serviço ecossistêmico da agricultura, em comparação à proporção inicial. Todavia, o valor de contribuição dessa classe é baixo em termos monetários (140,52 US\$.ha⁻¹.ano⁻¹). Em se tratando dos ganhos líquidos, houve um aumento de aproximadamente 23% no valor dos serviços ecossistêmicos na sub-bacia do Rio Jacaré, ou US\$ 30,71 milhões em termos monetários absolutos, sendo que o valor que mais contribuiu positivamente foi o do aumento das áreas de Regeneração.

Quanto à classe de uso da terra Solo Exposto, esta foi classificada como *Urban*, a partir da análise de equivalência com Costanza et al. (1997). Como já explicitado, dada a excessiva antropização e ausência de capital natural neste tipo de uso da terra, todos os valores de serviços ecossistêmicos gerados nesta classe podem ser considerados nulos.

4.3 Valoração ecossistêmica individual dos serviços ecossistêmicos

A partir dos dados agregados, torna-se útil também conhecer os valores dos coeficientes individuais para os serviços ecossistêmicos. Nesse intuito, utilizou-se a Equação 2, destacada no item “3. Materiais e Métodos”, para calcular o valor prestado por cada serviço ecossistêmico individualmente, como consta na Tabela 5.

Tabela 5: Coeficientes de valores individuais dos serviços ecossistêmicos por classe de uso e cobertura da terra, baseado em Costanza et al. (1997), em US\$.ha⁻¹.ano⁻¹.

Serviços ecossistêmicos	Classes de uso e cobertura da terra					
	1	2	3	4	5	6
Regulação de gás	...	...	...	11	n.a.	...
Regulação climática	341	341	...	0	n.a.	...
Regulação de distúrbios	8	8	...	...	n.a.	...

Regulação de água	9	9	...	5	n.a.	8.316
Oferta de água	12	12	...	...	n.a.	3.233
Controle da erosão	374	374	...	45	n.a.	...
Formação do solo	15	15	...	2	n.a.	...
Cicl.de nutrientes	1409	1409	...	...	n.a.	1.016
Tratamento de resíduos	133	133	...	134	n.a.	...
Polinização	...	...	21	39	n.a.	...
Controle biológico	...	...	37	35	n.a.	...
Habitat/refúgio	...	...	n.a.	...	n.a.	63
Produção de alimentos	49	49	83	103	n.a.	...
Matérias-primas	481	481	...	...	n.a.	...
Recursos genéticos	63	63	...	0	n.a.	351
Recreação	171	171	n.a.	3	...	...
Serviços culturais	3	3	...	...	...	...
Total	3.067	3.067	141	373	0	12.979

Fonte: Elaborado pelo autor com base na equivalência de biomas apresentado na Tabela 2, em Costanza et al. (1997) e Andrade et al. (2012),), atualizado para o ano de 2017. Notas: (1) Categorias de uso da terra, legendas: 1 - Caatinga, 2 - Regeneração, 3 - Agricultura, 4 - Pastagem, 5 - Solo Exposto, 6 - Corpos d'água; (2) ... indica a inexistência de informação disponível, e n.a. indica que o serviço ecossistêmico não é prestado pela respectiva classe de uso da terra ou é negligenciável.

A análise individual permite ver o quanto cada serviço é importante, em termos monetários, para cada classe de uso e cobertura da terra, assim como qual tipo de serviço cada uma fornece. Observa-se que nem todos os serviços são prestados pelas classes de uso da terra, chegando a ser nulo no caso dos solos expostos.

No caso da classe 6 (corpos d'água) mesmo com poucas funções, sua importância é vital para o bem-estar humano, o que justifica seus elevados valores, tanto para a oferta de água quanto para a regulação. Nas classes 1 e 2, classificadas como *Tropical Forest*, a maior contribuição está em ciclagem dos nutrientes, seguida pelo fornecimento de matéria prima e controle de erosão, realçando a importância de ecossistemas florestados para o equilíbrio do bioma do qual faz parte, por exercer a maioria dos serviços ecossistêmicos tabelados.

Em relação a Tabela 6, observa-se que o maior serviço ecossistêmico em termos monetários prestados pela sub-bacia do Rio Jacaré é a ciclagem de nutrientes, em ambos os anos analisados, representando 38,87% e 42,91% dos valores totais, respectivamente. Em seguida, estão os valores de matérias-primas, controle de erosão, regulação climática e tratamento de resíduos. Interessante observar que a ordem desses valores não se altera em termos de relevância econômica nos anos analisados, havendo mudanças somente a partir da produção de alimentos que perde espaço para a recreação em 2017.

Tabela 6: Estimativa do valor individual dos serviços ecossistêmicos prestados pela sub-bacia do Rio Jacaré, Sergipe, nos anos de 2013 e 2017 (em mil US\$).

Serviços ecossistêmicos	Valores dos Serviços Ecossistêmicos (US\$ x 10 ³)					Variações		
	2013	%	Rel. ¹	2017	%	Rel. ¹	% ²	CCV ³ (%)
Regulação de gás	592,22	0,42	14	241,99	0,14	15	-59,13	-0,25
Reg. climática	12.641,16	9,39	4	17.100,75	10,35	4	35,27	3,31
Reg. de distúrbios	296,57	0,21	15	401,19	0,23	14	35,27	0,07
Regulação de água	974,73	0,71	11	2.093,75	1,26	9	118,38	0,84
Oferta de água	589,44	0,44	13	1.197,59	0,73	10	102,25	0,45
Controle da erosão	16.290,62	12,09	3	19.745,64	11,96	3	21,42	2,59
Formação do solo	663,74	0,48	12	796,23	0,48	13	23,3	0,11
Cicl.de nutrientes	52.278,25	38,87	1	70.846,84	42,91	1	35,51	13,8
Trat.de resíduos	12.144,71	8,98	5	9.617,73	5,81	5	-20,63	-1,85
Polinização	2.107,45	1,53	9	947,42	0,57	11	-54,92	-0,84
Controle biológico	1.898,03	1,41	10	927,57	0,56	12	-51,32	-0,72
Habitat/refúgio	2,82	0,00	17	11,61	0,01	17	312,56	0,01
Prod.de alimentos	7.377,70	5,47	6	4.906,38	3,06	7	-31,33	-1,71
Matérias-primas	17.791,94	13,27	2	24.121,58	14,62	2	35,27	4,68
Rec. genéticos	2.351,16	1,73	8	3.224,05	1,94	8	37,23	0,64
Recreação	6.500,63	4,84	7	8.641,45	5,24	6	32,89	1,59
Serviços culturais	111,21	0,08	16	150,45	0,09	16	35,27	0,02
Total	134.612,38	100,0		164.972,20	100,0		22,77	22,77

FONTE: Elaborado pelo autor, a partir de Andrade et al. (2012).

¹ Rel. = Relevância econômica (não ecológica).

² Variação relativa entre os anos de 2017 e 2013.

³ Coeficiente de Contribuição da Variação, dado por $CCV_k = (VSE_{2017} - VSE_{2013}) / \sum VSE_{2013}$.

Quanto às variações ocorridas, o maior impacto positivo foi em habitat/refúgio que aumentou em valor de serviço ecossistêmico em torno de 312,56%, mantendo, contudo, sua participação relativa baixa no valor monetário próxima de 0%, devido ser um serviço ecossistêmico de baixo valor monetário e fornecido apenas pela categoria corpos d'água. Como maior variação negativa está a regulação de gás, afetada pela redução do valor do serviço ecossistêmico da classe de uso da terra pastagem.

A expansão das áreas de Caatinga e Regeneração contribuiu para o aumento dos valores dos serviços ecossistêmicos e coeficientes acumulados e individualmente, visto que são as duas classes de uso da terra que mais fornecem serviços ecossistêmicos, enquanto que solo exposto, corpos d'água e agricultura fornecem um menor número de serviços, ou nenhum (solo exposto).

4.4. Custos de oportunidade e parâmetros remuneratórios mínimos

Para o cálculo do custo oportunidade, considera-se o valor monetário obtido pelo uso e cobertura da terra para fins de arrendamento agrícola (lavouras e/ou exploração animal). Nesta caso, utilizaram-se os valores monetários apresentados, para o ano de 2017, pela empresa pública de assistência e extensão rural do Estado de Sergipe, descritos para o município de Canindé do São Francisco, já que são ausentes os valores para o município de Poço Redondo.

A classe “Pastagem” foi associada ao valor monetário proveniente do arrendamento para fins de exploração animal. Neste caso, tem-se a renda anual de 240,00 R\$.ha⁻¹.ano⁻¹ (EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DE SERGIPE - EMDAGRO, 2019). Ao converter para dólares (R\$ 1,00 = US\$ 0,31; valor médio em 2017⁵), o valor é de 105,4 US\$. ha⁻¹.ano⁻¹. Desta forma, tem-se uma renda total proveniente do arrendamento da área de pastagem (vide Tabela 3) de US\$ 2.318.751,52, sendo inferior a valor monetário dos serviços ecossistêmicos, que é de US\$ 8.198.568,57 (vide Tabela 4). Por conseguinte, a renda anual alcançada pelo uso agrícola (lavoura) é de 150,00 R\$.ha⁻¹.ano⁻¹ (EMDAGRO, 2019), ou seja, 46,5 US\$.ha⁻¹.ano. Desta forma, a renda total auferida para o uso com a classe “Agricultura” (vide Tabela 3) é de US\$ 198.045,83, sendo também inferior ao valor total dos serviços ecossistêmicos, de US\$ 598.481,71.

Neste sentido, conforme esperado, permite-se a manutenção das áreas para as classes Pastagens e Agricultura, considerando a geração de serviços ecossistêmicos, em relação ao custo de oportunidade (arrendamento). Por outro lado, pode-se buscar a conversão destas áreas para outros usos ou coberturas da terra, que propiciem maior valor

⁵ Informação obtida em https://economia.acspservicos.com.br/indicadores_iegv/iegv_dolar.html.

ecossistêmico, a exemplo das áreas florestadas (Caatinga ou Regeneração), tendo como parâmetros remuneratórios mínimos, os valores monetários obtidos para as classes Pastagem e Agricultura, de 105,4 US\$. ha⁻¹.ano⁻¹ e 46,5 US\$.ha⁻¹.ano, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

A partir deste estudo, é possível concluir que, nos anos de 2013 e 2017, na sub-bacia do Rio Jacaré, Sergipe:

- ✓ Houve um incremento nos percentuais das áreas florestadas (Caatinga e Regeneração) e de solos expostos;
- ✓ A expansão das áreas de Caatinga e Regeneração contribuiu para o aumento dos valores dos serviços ecossistêmicos e coeficientes acumulados e individualmente;
- ✓ O serviço ecossistêmico ciclagem de nutrientes foi o que obteve maior valor econômico, em ambos os anos;
- ✓ Os valores 105,4 US\$. ha⁻¹.ano⁻¹ e 46,5 US\$.ha⁻¹.ano podem ser parâmetros remuneratórios mínimos para a conversão de áreas de Pastagem e Agrícola, respectivamente, para áreas florestadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Avaliação de bens:** Parte 6 – recursos naturais e ambientais. [S.l.;s.n], 2008, 15p.

ALVES, J. J. A. Geocologia da Caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, 2(1), p. 58-71, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013):** Síntese Executiva com Apreciação das Deliberações do CBHSF Aprovadas na III Reunião Plenária de 28 a 31 de Julho de 2004. Brasília, 2005. 152 p.

AGUIAR NETTO, A. O. DE. **Águas do Rio São Francisco:** Planejamento e Gestão das Bacias Hidrográficas. CNPQ. São Cristóvão, 2009.

_____; SANTANA, N. R. F. **Contexto socioambiental das águas do rio São Francisco**. São Cristovão: UFS, 2015. 342p.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R.; FASIABEN, M. DO C. R.; GARCIA, J. R. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 25, p. 53-71, 2012.

_____; _____. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Texto Para Discussão. IE/UNICAMP. n. 155, fev. 2009.

BATISTA, W. R.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. B.; SOUZA, A. I. F.; VASCO, A. N. Determinação do balanço de radiação com auxílio de imagens orbitais na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré, Sergipe. **Scientia Plena**, v.9, p.1-10, 2013.

BATISTA, W. R. M.; AGUIAR NETTO, A. DE O.; SOUSA, I. F. DE; BRITTO, F. B.; VASCO, A. N. DO. Aplicação do algoritmo sebal na análise da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Jacaré, Sergipe. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 31, n. 2, 2014, p. 192-204.

BERNARDES, C.; JUNIOR, W. C. DE S. Pagamento por Serviços Ambientais: Experiências Brasileiras relacionadas à Água. In: V ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS. Florianópolis, SC, **Anais ...**, 2010. p.147.

BIRCOL, G. A. C.; SOUZA, M. P; FONTES, A. T.; CHIARELO, A. G.; RANIERI, V. E. L. Planning by the rules: A fair chance for the environment in a land-use conflict area. **Land Use Policy**, v. 76, 2018, p. 103-112.

BITENCURTI, D. P.; MELO, F. P.; GOIS, D. V.; RUIZ-ESPARZA, J. M. A.; RIBEIRO, A. S.; FERRARI, S. F.; MELO; SOUZA, R. Análise multitemporal do desmatamento nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, SE. **Geosul**, v. 32, p. 117-138, 2017.

BRASIL. COMISSÃO DE ASSUNTOS ECONÔMICOS. Parecer **sobre o Projeto de Lei do Senado nº 276 de 2013, do Senador Blairo Maggi, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA)**. [S.l:s.n], 2016. 3p.

CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO. **Lei n. 33/2013**: Institui o Fundo Municipal para pagamento por serviços ambientais e dá outras providências. [S.l:s.n], 2013. 5p.

CARVALHO, T. B. DE; SANTOS, R. B. DOS; PEIXOTO, J. S. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Jacaré, Sergipe. In: 2º Congresso Internacional (RESAG) Gestão da Água e Monitoramento Ambiental. **Anais...**, Aracaju-SE, 2015. Disponível em: <http://www.resag.org.br/congressoresag2015/anais/img/pdfs/ID_134.pdf> Acesso em 30 de Ago. 2018.

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO - CCD. **Texto base**. Brasília: MMA, 1995, 167p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO - CBHSF. **Caracterização geral**. Disponível em: <http://www.saofrancisco.cbh.gov.br/>. Acesso em 14 de ago de 2018.

_____. **Resumo executivo do Plano de Recursos Hídricos da bacia do Rio São Francisco 2016-2025**. Alagoas: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2016. 300p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA - CODEVASF. **Perímetros Irrigados**: Jacaré-Curituba, 2011.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

CUNHA, J. U. C. P.; ANDRADE, D. C.; UEZU, A.; ALENCAR, C. M. M. Valoração econômica de serviços ecossistêmicos no território Bacia do Jacuípe (Bahia). **Revista Debate Econômico**, v. 2, n. 2, 2014, p. 5-30.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem services, goods and services. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 68, n. 3, p.643-653, 2009.

EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DE SERGIPE – EMDAGRO. **Estado de Sergipe**: Preços médios de arrendamento e venda de terras por município. Aracaju: Governo de Sergipe. 2019. 28p.

FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. DE; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, 2015, 22(4): 472-482.

FULGENCIO, L. G. **Programas de pagamento por serviços ambientais na gestão dos recursos hídricos: a experiência do FUNBOAS na bacia Lagos São João – RJ**. 2012. 158f. Tese (Mestrado em Saneamento Ambiental: Controle da Poluição Urbana e

Industria), Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. **Diretrizes Empresariais para a Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos**. Brasília: FGV, 2014. 88p.

GOIS, D. V.; MELO, F. P. DE; RUIZ-ESPARZA, D. P. B.; MELO E SOUZA, R. Suscetibilidade à Desertificação na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Jacaré–Sergipe. In: GEOAlagoas, 4., Simpósio sobre as geotecnologias e geoinformação no Estado de Alagoas. Maceió, **Anais...**, 2016. 9p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. **Dados cartográficos dos Assentamentos Rurais** – Sergipe. Disponível em: www.incra.gov.br. Acesso em: 20 fev. 2019.

_____. **Assentamentos Rurais** – Sergipe. 2018. Disponível em: www.incra.gov.br. Acesso em: 20 fev. 2019.

_____. **Relatório de Análise de Mercado de Terras - RAMT**: Sergipe. 2016. Disponível em: www.incra.gov.br. Acesso em: 20 fev. 2019.

JARDIM, M. H. **Pagamentos por serviços ambientais na gestão dos recursos hídricos: o caso do município de Extrema-MG**. 2010. 195f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável), Centro de Desenvolvimento Sustentável, da Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

JODAS, N.; PORTANOVA, R. S. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e Agroecologia: uma abordagem crítica a agricultura moderna. **Revista do Direito Público**, Londrina, v.9, n.3, p.129-152, set./dez.2014.

LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, I. T. **Silver bullet or fools' gold?** A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. International Institute for Environment and Development (IIED), London, 2002.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura & Arte; 2004.

MARQUES, J. F. **Valoração ambiental**. Agência de Informação. EMBRAPA. 2011. Acesso em: 20 jun. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R.; FONTENELE, D. A seca plurianual de 2010 a 2017 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44. P. 17-40, 2017.

MATOS, A. *et al.* Análise crítica dos métodos de valoração econômica dos bens e recursos ambientais. In: COLÓQUIO IBÉRICO DE ESTUDOS RURAIS, 7., Cáceres, **Anais ...**, 2010, Cáceres: SPER, 2010. 14p.

MATTOS, K. M. C.; MATTOS, A. **Valoração econômica do meio ambiente** – uma abordagem teórica e prática. São Carlos: RiMa, Fapesp, 2004. 148 p.

MAY, P. H. **Valoração econômica dos recursos naturais da Mata Atlântica: Estado da arte**. Rio de Janeiro: SOS Mata Atlântica, 2005. 220p.

MAYSEK, F. J. F. et al. Managing natural capital stocks for the provision of ecosystem services. **Conservation Letters**, v. 10, n. 2, 2017, p. 211-220.

MEDEIROS, R.; YOUNG, C. E. F.; PAVESE, H. B.; ARAUJO, F. F. S. **Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo**. Brasília: UNEP-WCMC, 2011. Disponível em: http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/UCsBrasil_MMA_WCMC.pdf Acesso em 15 de Ago.2018.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA. **Ecosystem and human well-being: synthesis**. Washington: Island, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Fátima Becker Guedes e Susan EddaSeehusen; Organizadoras. Brasília: MMA, 2011.

MOTTA, R. S. DA. **Manual Para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/ MMA/ PNUD/ CNPq, 1997.

MURADIAN, R., et al. Reconciling Theory and Practice: An Alternative Conceptual Framework for Understanding Payments for Environmental Services. **Economic Ecology**, v. 69, 2010, p. 1202-1208.

NEMUS - GESTÃO E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL, LTDA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025**. RP1A – Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional. Volume 1 e Volume 2 – Caracterização da bacia hidrográfica. 2015. 574 p.

OBSERVATÓRIO DE SERGIPE. **Perfil da agricultura sergipana 2017/2018**. Aracaju: Secretaria de Estado Geral de Sergipe. 2019. 39p.

_____. **Perfil da pecuária sergipana – 2017**. Aracaju: Secretaria de Estado Geral de Sergipe. 2019. 37p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA – FAO. **Payment Schemes for Environmental Services in Watersheds**. Land and Water Discussion Paper 3. Roma, 2004.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R. Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. In: **Serviços ambientais agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. PARRON, L. M. (Eds.). Brasília, DF: EMBRAPA, 2015, p. 29-34.

_____; *et al.* Avaliação de serviços ambientais no âmbito do projeto ServAmbi. In: **Serviços ambientais agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. PARRON, L. M. (Eds.). Brasília, DF: EMBRAPA, 2015, p. 36-46.

PEIXOTO, M. **Pagamentos por serviços ambientais** – aspectos teóricos e proposições legislativas. Textos para Discussão 105, Núcleo de Estudos e Pesquisa do Senado, Brasília 2011.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M.; PEREIRA, M. N. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, 59(2), p. 127-135, 2007.

RACHWAL, M. F. G. *et al.* Uso e manejo da terra e aspectos pedológicos na avaliação de serviços ambientais. In: PARRON, L. M. (Eds.). **Serviços ambientais agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015, p. 57-70.

SANTANA, J. L. S. DE; AGUIAR NETTO, A. O.; MELLO JUNIOR, A. V. Impacto da precipitação e de vazão máximas em obras de infra-estrutura em uma sub-bacia do semi-árido de Sergipe. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. **Anais. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2007. p. 1-15.

SANTOS, R. F.; VIVAN, J. L. **Pagamento por Serviços Ecossistêmicos em perspectiva comparada**: recomendações para tomada de decisão. Brasília: Projeto Apoio aos Diálogos Setoriais UE - Brasil, 2012.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Diagnóstico Florestal de Sergipe**. Florestas em Sergipe: construindo uma Política Florestal. Aracaju: SEMARH, 2012, 190p.

_____. **Plano de Manejo do Monumento Natural (MONA) Grota do Angico**. 2015. 55p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. GARGLI, M. A. et al. (Org.). Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368 p.

SEROA DA MOTTA, R. **Economia Ambiental**. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 228p.

_____. **Instrumentos Econômicos de Política Ambiental**. Instrumentos Econômicos para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia Brasileira: Experiências e visões. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

_____. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998.

_____.; RUITENBEEK, J.; HUBER, R. **Uso de instrumentos econômicos na gestão ambiental da América Latina e Caribe**: Lições e recomendações. Instituto de Pesquisas Económicas Aplicadas - IPEA, 1996. Texto para discussão. nº 440.

SILVA, A. H. da *et al.* Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. In: **Serviços ambientais agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. PARRON, L. M. (Eds.). Brasília, DF: EMBRAPA, 2015, p. 71-83.

SILVA, S. R. DA; CIRILO, J. A. O planejamento de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco, **REGA**, v. 8, n. 1, 2011, p. 47-64.

SOUZA, J. F. de V. Percepções sobre a apropriação da natureza pelo homem, globalização e desenvolvimento sustentável. In: **Direito ambiental III**. SOUZA, L. da R.; ALBUQUERQUE, L.; CUNHA, B. P. da (Coords.). Florianópolis: CONPEDI, 2014. p. 153-173.

TAVARES, , K. C. DE. O.; CRUZ, A. S. DA; LIRA, D. R. DE; SANTOS, C. A. Identificação de áreas suscetíveis a desertificação do Alto Setor Sergipano. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 17., Campinas-SP, Unicamp, **Anais...**, 5p. 2017.

TELES, B. B.; CARVALHO, T. B. DE; SANTOS, R. B. DOS; PEIXOTO, J. S. Gestão de Recursos Naturais: Estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré, Sergipe. **Revista ADMpg, Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, 2016, p. 83-89.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços ambientais**: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo . São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008. 121p.

WUNDER, S.; BÖRNER, J.; TITO, M. R.; PEREIRA, L. **Pagamentos por serviços ambientais**: perspectivas para a Amazônia Legal. Série Estudos 10. Brasília: MMA, 2008. 136p.

YOUNG, C. E. F.& BAKKER, L. B. D. Instrumentos econômicos e pagamentos por serviços ambientais no Brasil. In: Forest Trends (ed.) **Incentivos Econômicos para Serviços Ecossistêmicos no Brasil**. p.33-56. Rio de Janeiro: Forest Trends. 2015.